# L'IMMAGINARIO SCIENTIFICO NOTIZIE

"Io non so che cosa possa aver pensato di me il mondo, ma per conto mio mi sembra di essere stato come un fanciullo che, giocando sulla riva del mare, si sia divertito a trovare, di quando in quando, un ciottolo più liscio o una conchiglia più bella dell'ordinario, mentre l'immenso oceano della verità stava davanti a me ancora tutto da scoprire". Isaac Newton

Settembre 1991 • N° 6– Nuova serie – Bimestrale




## *Qualità e tecnologia nella nuova società*


di *Herbert Pietschmann*,
Institut für theoretische Physik, Università di Vienna


*Uno dei tratti caratteristici del nostro tempo è che tutti sono d'accordo sul fatto che stiamo andando verso una «nuova società»: il punto su cui le opinioni divergono è come dovrebbe essere fatta questa società, e quali saranno le priorità da rispettare. In questa sede vogliamo esaminare un aspetto particolare, ma emblematico, di tale dibattito: il ruolo della tecnologia nella società del futuro.*

*Quest'argomento è oggetto del contendere di un ampio spettro di posizioni divergenti: dai «credenti tecnologici», che sostengono che il progresso tecnologico è la radice di ogni cambiamento nella società, attribuendo alla tecnologia il compito di risolvere i problemi che essa stessa può aver creato; ai «nemici della tecnologia», che la accusano di aver portato solamente male e distruzione nella natura, e indicano nella graduale rinuncia al progresso tecnologico (se non alla tecnologia in toto) la via da seguire.*

*Tra questi due estremi si possono riconoscere, com'è ovvio, molte posizioni intermedie. Eppure, ogni volta che il dibattito pubblico si accende su una questione complicata, l'oggetto del contendere si riduce a un dilemma insidioso: «la nuova società avrà bisogno del progresso tecnologico o no?». In questa sede ci limiteremo a dimostrare come tale dilemma rappresenti una sorta di pericoloso cortocircuito, che conduce comunque a una situazione di stallo per quanto riguarda la risoluzione di questioni di interesse collettivo.*

***Il taoista e il confuciano***

*Il dilemma cui abbiamo accennato è antico quanto l'umanità. Sin da quando gli uomini iniziarono la loro lotta per un'esistenza decorosa in questo mondo, dovettero rendersi conto dell'ambivalenza della loro condizione nei confronti della natura: volere allo stesso tempo che la natura restasse quale essa è — madre e nutrice — e adoperarsi per costruire un ambiente nel quale la vita fosse meno pericolosa e faticosa.*

*Circa 2500 anni fa, il filosofo cinese Chuang Tzu narrò l'incontro di un discepolo di Confucio (Kung-fu-tse) con un vecchio che conduceva la propria esistenza secondo la tradizione taoista. Il vecchio taoista era occupato a innaffiare il suo giardino a mano: il discepolo di Kung-fu gli chiese allora affabilmente perché non costruisse un pozzo, «per ottenere molto con poco sforzo». A quella domanda, il vecchio taoista «sorridente rispose con rabbia» (si noti lo splendido ossimoro) che chi adopera le macchine ha ben presto un cuore simile a una macchina, e poi inizia a pensare come una macchina, e in tal modo smarrisce ogni senso del divino.*

*Penso che questo breve apologo formuli chiaramente il problema: la prima esigenza è di «ottenere molto con poco sforzo», la seconda è di non smarrire «ogni senso del divino». Chi potrebbe ammettere di desiderare una soltanto di queste due cose?*

*E, se è vero che questa è antica quanto l'umanità, come mai essa è tanto attuale per noi oggi?*

*Il fatto è che la tecnologia odierna è enormemente e radicalmente diversa da ciò che al tempo di Chuang Tzu potevano essere le macchine e gli utensili. Oramai non si tratta più soltanto di intervenire sull'ambiente circostante: grazie alla tecnologia attuale è possibile ricreare un ambiente in modo che corrisponda alle nostre esigenze, ciò che era affatto impensabile in passato.*

***Scienza e tecnologia***

*All'origine di queste potenzialità creative vi è l'invenzione del metodo scientifico, avvenuta circa 350 anni fa. Oggi noi attribuiamo tale invenzione a Galileo Galilei, che le diede giustamente il nome di «nuova scienza». Il metodo scientifico consiste nella completa separazione delle due esigenze umane che ho or ora menzionato. Galileo era fermamente deciso a non andar incontro alla sorte di Giordano Bruno, della cui spietata esecuzione era stato testimone negli anni della maturità: per questo non volle combattere contro la Chiesa; e nemmeno accettava di mettersi a completa disposizione di altri poteri. L'unica via d'uscita tra i due estremi consisteva dunque nel dividere il mondo in una parte divina, da lasciare alla Chiesa, e a cui non volle mai porre mano, e in quell'oggetto della sua «nuova scienza», per la cui indagine Galileo aveva un nuovo e potente metodo, valido ancora oggi. La linea di demarcazione tra i due ambiti fu fissata da Galileo mediante gli assiomi della sperimentabilità: la quantificazione, la riproducibilità (spesso chiamata obiettività) e l'analisi.*

*La «nuova scienza» così concepita poté anticipare le realizzazioni della tecnologia, come nel caso delle teorie sulla caduta dei gravi, che Galileo formulò molto tempo prima che vi fosse la tecnologia necessaria per verificarne sperimentalmente le previsioni.*

*I meravigliosi sviluppi odierni della tecnologia sono necessariamente limitati a quella parte «di tutto ciò che è» che costituiva l'oggetto del metodo di Galileo. In altri termini, il progresso tecnologico è traducibile sempre e solo in dati quantitativi. Solo rinunciando deliberatamente al «bisogno di significato», all'«esigenza di non perdere il senso del divino» possiamo accedere alle leggi di natura. Queste ultime, se non sono provate matematicamente, sono purtuttavia corroborate sperimentalmente, e ci offrono delle conoscenze assolutamente affidabili sulla materia nello spazio e nel tempo. Nessuno oggi salirebbe su un aereo, se vi fosse il minimo dubbio sulle leggi della portanza aerodinamica!*

***Progresso e miglioramento***

*Il motivo per cui sentiamo di trovarci in una situazione completamente nuova, è che abbiamo raggiunto una fase di progresso tecnologico in cui dei progressi tecnologici quantitativi non recano necessariamente con sé dei miglioramenti qualitativi. Pertanto, ritengo che sia opportuno distinguere tra progresso (quantitativo) e miglioramento (qualitativo).*

*Facciamo un esempio: circa due decenni fa, la tecnologia aveva raggiunto un avanzamento tale da consentire la costruzione di aerei supersonici di linea. Questo era, senza dubbio, un progresso. Pure, al di fuori della comunità scientifica e tecnologica, si formò l'opinione che questo non fosse un miglioramento auspicabile; così tale indirizzo delle ricerche tecnologiche fu abbandonato, mentre si iniziarono a costruire aerei in grado di trasportare un maggior numero di passeggeri.*

*A una mente educata ai principi della scienza, una simile decisione apparirà irrazionale, e dunque inaccettabile. Ma non sempre ciò che è irrazionale è privo di senso: dobbiamo quindi imparare ad accettare gli argomenti che fanno riferimento a criteri qualitativi, situandoli nel contesto più opportuno.*

***Sopravvivere e vivere***

*Al giorno d'oggi possiamo identificare l'esigenza di «non smarrire ogni senso del divino» con il bisogno di riconoscere un significato alla vita umana. Il significato non può essere quantificato, e dunque questo bisogno è desiderio di miglioramento, più che di progresso. E' necessario distinguere tra «sopravvivere» e «vivere»: il fatto di sopravvivere rappresenta il puro aspetto biologico dell'esistenza, e dunque possiamo dire che esso è l'aspetto quantificabile della vita. Ma se riduciamo la vita a mera sopravvivenza essa perde ogni significato.*

*La tecnologia ci aiuta a sopravvivere, e la distinzione tra progresso e miglioramento si delinea con dolorosa chiarezza quando pensiamo che in medicina il progresso tecnologico può talora portare a condizioni di sopravvivenza che non meritano il nome di vita.*

*In conclusione, la questione «se una nuova società necessiti o meno del progresso tecnologico» non può avere una risposta. Quello di cui la società ha sicuramente bisogno è un miglioramento. Il miglioramento può, in determinate circostanze, richiedere progresso; ma in altri casi il progresso può essere persino controproducente ai fini di un miglioramento. D'altra parte la nozione di miglioramento è vaga, e può variare a seconda dei punti di vista. Perché si possa raggiungere un soddisfacente accordo sulla natura del miglioramento in una società, è indispensabile che si dia libero corso a un continuo processo di comunicazione, in cui tutti gli interlocutori siano aperti al dialogo.*

*L'unica regola valida per prendere parte a questo processo è che ciascuno presti ascolto agli altri, compresi coloro le cui argomentazioni potrebbero apparire irrazionali. E questo vale per gli scienziati e i ricercatori, non meno che per tutti noi. Se saremo abbastanza aperti e attenti alle opinioni altrui, potremo creare una società che farà uso dei meravigliosi strumenti della scienza e della tecnologia ogni volta che ciò risulti utile, senza per questo «smarrire ogni senso del divino», vale a dire per il profondo significato del processo vitale cui tutti prendiamo parte.*

## Una rete informatica verso l'Est

*Quali sviluppi si possono prevedere nei rapporti con i paesi dell'Est, per quanto riguarda le reti di comunicazione informatica?*

Attualmente in Europa il mondo della ricerca scientifica comunica attraverso reti elettroniche di trasmissione dati. Lo sconvolgimento politico avvenuto nei paesi dell'Est pone dunque la questione dell'estensione delle reti di comunicazione informatica esistenti e future ai tali paesi.

Tale progetto verrà realizzato utilizzando la tecnologia occidentale, in quanto già esistente, con il supporto finanziario della Comunità economica europea e della comunità pentagonale (diventata esagonale con l'ingresso della Polonia). Tra gli organismi attivi in questo campo, uno è RARE (un'associazione europea a cui partecipano rappresentanti di diversi paesi e fornisce un servizio di trasmissione dati ad uso della comunità scientifica. Esistono inoltre un certo numero di reti a livello internazionale come BITNET, o HEPHNET, che è una delle più sviluppate. Lo scopo è la creazione di reti di trasmissione dati nei paesi dell'Est, e il collegamento di queste reti nazionali con le corrispondenti reti europee. Lo stesso progetto di rete europea *occidentale* (COSINE, può diventare un porgetto di rete *continentale*. COSINE prevede la realizzazione e la messa in funzione di una rete europea che collegherà e integrerà le reti esistenti, accessibile agli enti di ricerca scientifica e industriale; l'iniziativa è ormai in fase di attuazione ed entrerà in funzione nel giro di un anno, un anno e mezzo).

*Quali sono le maggiori difficoltà in questo campo?*

Sono difficoltà essenzialmente tecnologiche: non perché non si abbia la tecnologia, quanto perché questi paesi mancano delle infrastrutture necessarie. D'altro lato, la tecnologia normalmente disponibile nei paesi occidentali non poteva essere venduta, fino praticamente all'anno scorso, a paesi dell'Est. Molti prodotti, sia *hardware* che *software* sono per la maggior parte sviluppati negli Stati Uniti e sono classificati come «materiale strategico», e l'autorizzazione all'esportazione dipende dal Dipartimento della difesa statunitense.

Questo divieto negli ultimi due anni è venuto in parte a cadere: un po' sono state allentate le regole del COMECON, l'analogo della comunità europea dei paesi dell'Est, e un po' gli Stati Uniti hanno cominciato a concedere abbastanza largamente licenza di esportazione per questo materiale, soprattutto informatico, che loro considerano d'importanza strategica. Inoltre gli aiuti economici all'Est aprono, e hanno aperto, nuove possibilità di collaborazione, sia a livello scientifico sia a livello tecnologico.

Per realizzare le reti informatiche si possono utilizzare i sistemi telefonici già esistenti; ma la tecnologia delle reti telefoniche orientali, di basso livello, rende le comunicazioni estremamente difficili.

Un altro fattore è quello dell'organizzazione: è molto facile collegare l'Università di Budapest con quella di Trieste; ma è ben più difficile collegare quell'Università con un istituto di ricerca a pochi chilometri dal centro di Budapest! L'Ungheria in realtà è un caso semplice: la cosa diventa ancora più difficile per quei paesi in cui la situazione sociale, etnica, è più delicata: si pensi alla Cecoslovacchia, o adesso alla Jugoslavia. Si profilano dunque delle difficoltà di ordine politico. Finora questi paesi sono stati visti da noi occidentali come un'entità unica, ma internamente sono invece molto divisi, al punto che riesce più facile collegare Lubiana con Trieste, Zagabria con Trieste, Belgrado con Trieste piuttosto che convincerli a collaborare tra di loro in modo da avere un singolo punto d'accesso a un collegamento internazionale. E' dunque un problema politico, ma anche un problema economico, perché le linee di trasmissione dati internazionali costano cifre notevoli (si va da un minimo di 300 milioni all'anno a costi dell'ordine di 1 miliardo e mezzo all'anno, solamente per mantenere in servizio ogni linea: per cui il costo di una rete informatica è soprattutto determinato dal costo delle linee: moltiplicare il numero di queste ultime vuol dire moltiplicare il costo della struttura). Purtroppo questi paesi hanno un'enorme riluttanza a dipendere da altri paesi orientali, e preferiscono di gran lunga il collegamento diretto con l'Occidente.

*Che rilevanza hanno per l'Italia questi progetti?*

Per l'Italia, e specialmente per Trieste e per il Friuli Venezia-Giulia, è un'occasione unica. Non a caso uno dei più attivi promotori dell'iniziativa è Carlo Rubbia. Mi spiego meglio. Quali sono le nazioni occidentali sulle quali i paesi dell'Est si possono appoggiare per un'interazione di questo genere? Sono l'Italia, l'Austria e la Germania. L'Austria ha delle ottime relazioni di tipo politico, però non è molto avanzata tecnologicamente. L'Italia, e specialmente Trieste, è in una posizione invidiabile perché è una dei tre paesi europei a più alto sviluppo in questo campo (insieme con la Germania e l'Inghilterra, che in qualche modo è tagliata fuori per pure motivazioni geografiche). L'Italia ha storicamente ottimi rapporti con i paesi dell'Est, commerciali che scientifici. La principale concorrente dell'Italia in vista in questo ambito è in realtà appunto la Germania. La Germania è in una situazione tecnologica invidiabile, però sta attraversando grosse difficoltà finanziarie perché deve praticamente ristrutturare la ex-Germania orientale. Se l'Italia riuscisse a lanciare la propria iniziativa nel corso di questo anno, probabilmente si troverebbe in un'ottima posizione a livello europeo.

*A chi spetta decidere in merito a queste iniziative?*

Innanzitutto alla Regione, perché chi ha veramente da guadagnare da questa situazione è il Friuli-Venezia Giulia, e Trieste in particolare. L'appello va rivolto anche al Ministero degli Esteri, che effettivamente sta cambiando un po' la sua politica: fino agli anni scorsi il Ministero puntava molto ai paesi del Terzo mondo e relativamente poco all'Europa orientale; nell'ultimo anno ci si è resi conto che anche in Europa orientale bisogna fare qualcosa. Infine bisogna fare riferimento alla CEE, che è senz'altro una sorgente di finanziamenti in questa direzione, purché questo genere di progetti siano adeguatamente sostenuti a livello nazionale.

*Che prospettive di sviluppo anche economico apre la creazione di una rete informatica con i paesi dell'Est?*

La ricaduta di questo genere di iniziative è quando mai interessante, perché può creare un volano molto utile per l'economia; in primo luogo apre la possibilità di trasmettere informazioni dapprima scientifiche, che in seguito possono estendersi al campo commerciale e tecnologico: ciò vuol dire che a Trieste si viene a creare un punto d'aggregazione che non può far altro che sviluppare l'economia regionale. Il progetto della Esagonale prevede due possibili configurazioni: una centrata intorno all'Austria (ovviamente caldeggiata dagli austriaci); e una seconda in cui Trieste sarebbe il polo principale, con tutti i paesi dell'Esagonale, quindi Jugoslavia, Ungheria, Polonia, Cecoslovacchia e Austria. Dal punto di vista tecnologico è una cosa assolutamente fattibile, e richiede un investimento relativamente modesto (dell'ordine di una decina di miliardi l'anno): le difficoltà principali sono anzitutto *organizzative*; bisognerebbe creare a Trieste una struttura unitaria che gestisca una rete di questo genere; e poi *politiche*, cioè convincere la gente che quest'iniziativa rappresenta una prospettiva interessante per la regione.

*Quali applicazioni può avere una rete di comunicazione rivolta ai paesi dell'Est?*

Le applicazioni tipiche sono innanzitutto scambi di posta elettronica: la posta elettronica ha un notevole vantaggio rispetto alla posta ordinaria, che è quello di essere praticamente istantanea, indipendentemente dalla quantità di informazione scambiata. Se mando una lettera per posta elettronica negli Stati Uniti, posso ottenere la risposta nel giro di mezz'ora.

Attualmente, nella sola Italia, in ambiente accademico, si scambiano decine di migliaia di messaggi elettronici al giorno (senza contare quelli diretti fuori dall'Italia). Diventa quindi praticamente possibile avere una collaborazione in tempo reale con dei colleghi anche molto lontani.

Un altro servizio potenzialmente molto importante è l'accesso a banche di dati. Esistono banche di dati in molti settori: bibliografico, scientifico, commerciale... Esistono banche dati che mettono a disposizione informazione gratuitamente con l'unica condizione che l'utente contribuisca da parte sua alla banca dati stessa. Ma si cominciano a creare banche dati che offrono un servizio a pagamento esse gestite da imprese private il cui unico compito è proprio la creazione della banca dati e la sua gestione. L'esistenza di una banca dati è comunque subordinata a quella di una rete di trasmissione dati.


Intervista a *Fernando Liello*,
Dipartimento di Fisica, Università di Trieste

### La realizzazione di un nodo di comunicazione ad alta tecnologia con i paesi dell'Europa centrale apre una nuova prospettiva: il ruolo di Trieste nel futuro dell'età informatica

Nuovi occhiali per la scienza • *rubrica a cura di* Ettore Panizon

## Guardare spaccando

### La rivelazione delle particelle subatomiche

Si diceva, nel precedente numero di questa rubrica (dedicato alla microscopia con sonda di scansione), che, col diminuire delle dimensioni dell'oggetto da osservare, le abitudini della percezione naturale devono progressivamente cambiare. Accostandoci ai metodi di osservazione della fisica nucleare dovremo quindi trovare una realtà assolutamente sconcertante. Gli oggetti osservati con gli «occhiali» di cui ci occuperemo in questo numero hanno, difatti, dimensioni centinaia di migliaia di volte inferiori a quelle atomiche (il nucleo sta all'atomo come un'albicocca a piazza Unità). Nell'estensione non solo spaziale ma anche temporale: la vita media di molte particelle è dell'ordine dei miliardesimi di secondo. Le particelle del nucleo, inoltre, sono in continuo movimento, legate le une alle altre da forze che possono essere anche enormi (relativamente alla loro piccolissima massa). Per sapere che cosa c'è dentro il nucleo, occorre romperlo (o fare in modo che si rompa) e «vedere l'effetto che fa».

In realtà, il mondo sul quale si affaccia la fisica nucleare e subnucleare è effettivamente pieno di inestricabili paradossi, ma le tecniche osservative che vengono utilizzate non hanno in sé nulla di rivoluzionario. Si lavora un po' come con le proteine in medicina (abbiamo visto che in medicina, attualmente, per vedere le proteine si usano catene di anticorpi — che pure sono proteine — colorate o fluorescenti): non si cerca di vedere le particelle —

***La prima camera a nebbia, realizzata da Wilson nel 1912.***

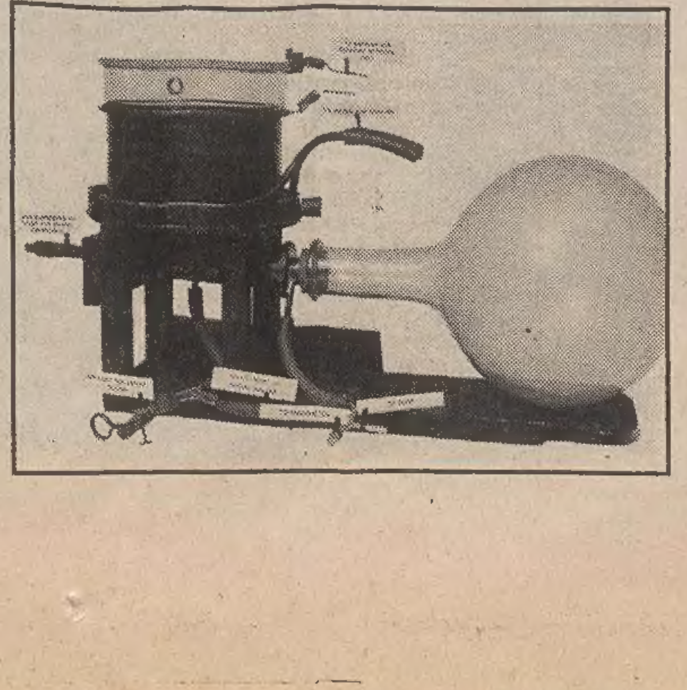
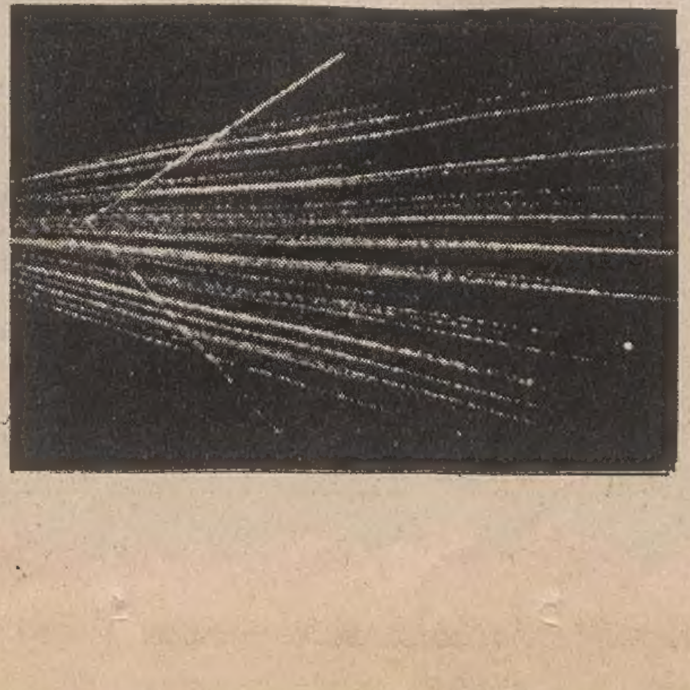
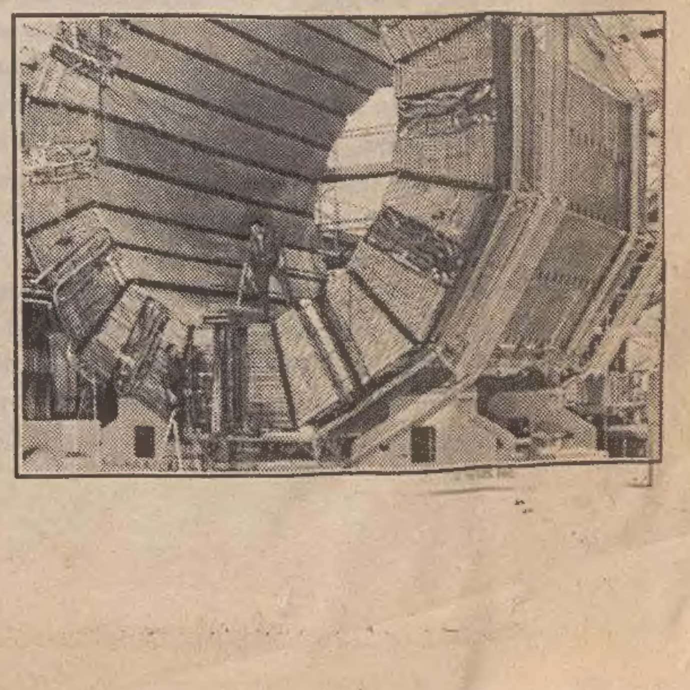


***Foto realizzata nei primi anni di impiego della camera di Wilson.***



***Calorimetro di ALEPH, per esperimenti al LEP di Ginevra.***



# Notizie dal Laboratorio dell'Immaginario Scientifico

L'attività al *Laboratorio dell'Immaginario Scientifico* riprende, dopo la pausa estiva, con un calendario fitto di impegni.

● **Scienza della fantascienza al Teatro Miela**
Automi, coscienza, automazione, viaggi nel tempo. Questi alcuni dei temi per un confronto fra le teorie «scientifiche» della letteratura fantascientifica e quelle ufficiali in una «rassegna di confine tra cinema e ricerca scientifica», organizzata dal *Laboratorio* in collaborazione con la *Cappella Underground* che il 27, 28 e 29 ottobre fiancheggerà l'esposizione di scienza e tecnologia in programma alla Stazione Marittima. Dopo la proiezione di celebri film fantascientifici, anche in lingua originale su disco laser, un logico-informatico (il prof. G. O. Longo), un astrofisico (il dott. M. Messerotti) e un semiologo (il dott. R. Giovannoli) indagheranno i legami trasversali tra fantasia e ricerca.

● **Fossili: alle origini delle specie**
Realizzata dalla *Coelodus* in collaborazione con il Laboratorio, alla cui cura sono affidati i computer libri interattivi, la mostra «I fossili: uno sguardo sul nostro passato» proporrà dal 9 novembre all'8 dicembre a San Giusto alcune spettacolari ricostruzioni di paleoambienti con fossili (originali e in calco) di animali preistorici scomparsi. Le origini del nostro lontanissimo passato, da quelle della vita a quelle dell'universo, sono anche il filo conduttore dei nuovi cicli di conferenze organizzate quest'anno dal *Laboratorio*. Per il primo ciclo sull'origine delle specie, che affianca la mostra sui fossili, consueto appuntamento alla sala convegni dell'Ente Fiera con cadenza settimanale da mercoledì 13 novembre a mercoledì 4 dicembre (inizio ore 17.30).

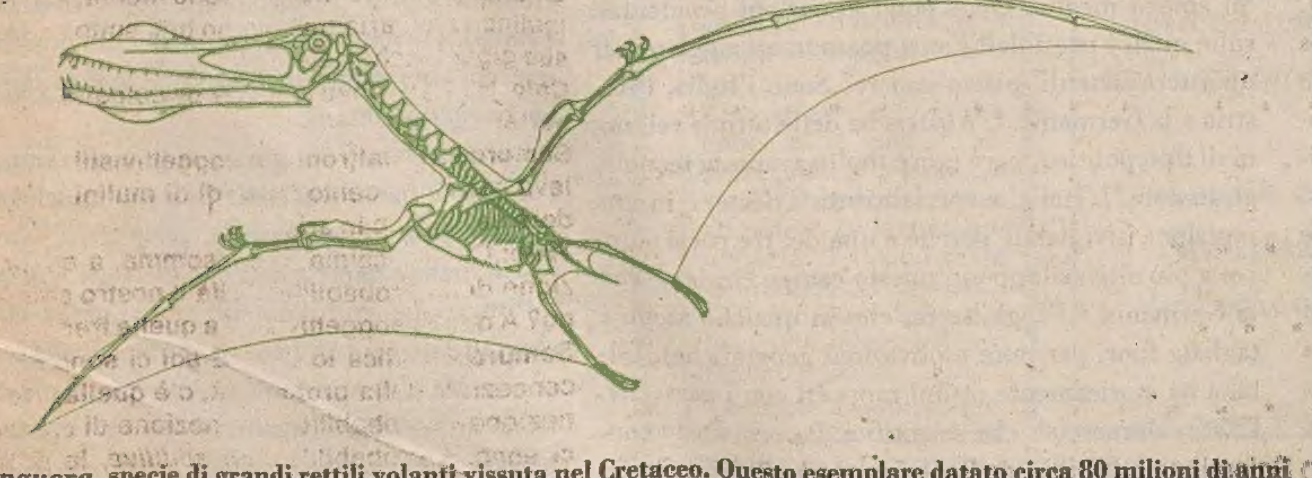
● **PREMIO ROVIS '91**
**Immaginare universi**
**Vetrina di metodologie multimediali Era**
Era (Esposizione di Ricerca Avanzata), organizzata alla Stazione Marittima dal 24 al 29 ottobre dall' *Associazione Globo*, sottolinea l'importanza del rapporto tra scienza e industria hi-tech con una spettacolare mostra e un seminario internazionale per giornalisti scientifici europei. In questa occasione, il giorno 25 verrà anche consegnato, alla presenza del ministro Ruberti, il secondo premio internazionale «Primo Rovis» per l'informazione scientifica. Il *Laboratorio dell'Immaginario Scientifico* sarà presente all'esposizione con un nuovo programma interattivo al computer sugli automi cellulari dal titolo «Immaginare universi» e una rassegna aggiornata dei suoi strumenti di divulgazione multimediale, dai Quaderni ai Video. Tra questi, attualissimo, presentato in collaborazione con la *Cappella Underground*, un programma informatizzato che permette la gestione interattiva di un film e che sarà illustrato in una dimostrazione al pubblico dal professor Giulio Lughi.

● **La Biblioteca scientifica per ragazzi**
Oltre alle consuete visite per appuntamento, finalizzate a ricerche guidate e rivolte alla scuola dell'obbligo, la Biblioteca apre quest'anno anche alla libera consultazione, ogni giovedì dalle 16 alle 19. Prossimamente verrà reso noto il calendario degli «Incontri in Biblioteca», dedicati a genitori e insegnanti sulla lettura e sull'editoria scientifica.

● **Appuntamenti europei**
Il Laboratorio, con «Immaginare universi», parteciperà anche a «Circus», mostra itinerante e prima importante coproduzione europea tra science center. Promossa dal Consorzio europeo dei musei scientifici (Ecsite), tra i cui nove membri del direttivo figura il Laboratorio dell'Immaginario Scientifico, che vi rappresenta l'Italia, «Circus» percorrerà l'Europa dal '92 al '95 fornendo una panoramica significativa degli exhibit interattivi più stimolanti presenti nelle esposizioni permanenti dei vari musei scientifici che partecipano all'iniziativa. Trieste si è prenotata tra le sedi italiane d'itineranza della mostra.

● **L'Immaginario a Lisbona**
Al Museo de la Ciencia e de la Universidade di Lisbona verrà allestita nel 1992 una edizione in portoghese dell'Immaginario Scientifico. L'iniziativa, già operativa con un supporto tecnico del Laboratorio dell'Immaginario Scientifico, è interamente a cura dell'Università lusitana, che già prevede una successiva itineranza della mostra in Portogallo.

● **Encyclopaedia Moderna**
Al Laboratorio Interdisciplinare della Sissa è stata rifondata «Encyclopaedia Moderna», la rivista interdisciplinare pubblicata a Zagabria negli anni Settanta e poi soppressa per ragioni politiche. A partire dalla primavera del '92 sarà distribuita a Trieste, Vienna, Jena, Zagabria, Lubiana, Praga, Budapest e Varsavia. Retta da un comitato editoriale internazionale, la pubblicazione vuole proporre temi d'incontro tra la cultura scientifica e quella umanistica al pubblico della vasta area geografica a tradizioni comuni che si va ricostituendo dopo la liberalizzazione politica dei Paesi dell'Est. Una parte di articoli comune a tutte le edizioni sarà pubblicata in inglese; una parte dedicata a problemi regionali e nazionali nella lingua di ciascun Paese di edizione.



***Anhanguera*, specie di grandi rettili volanti vissuta nel Cretaceo. Questo esemplare datato circa 80 milioni di anni — ha un'apertura alare di 5 metri. Una riproduzione in poliuretano a grandezza naturale della ricostruzione di questo organismo fossile è inserita nel diorama sui rettili volanti che occupa la prima sala dell'esposizione «FOSSILI: uno sguardo sul nostro passato» in programma al Castello di S. Giusto dal 9 novembre all'8 dicembre.**

# Il cavernicolo gentile

## Sfatare i luoghi comuni ammanniti dai sussidiari scolastici: chi ha detto che gli uomini preistorici fossero brutti e infelici?

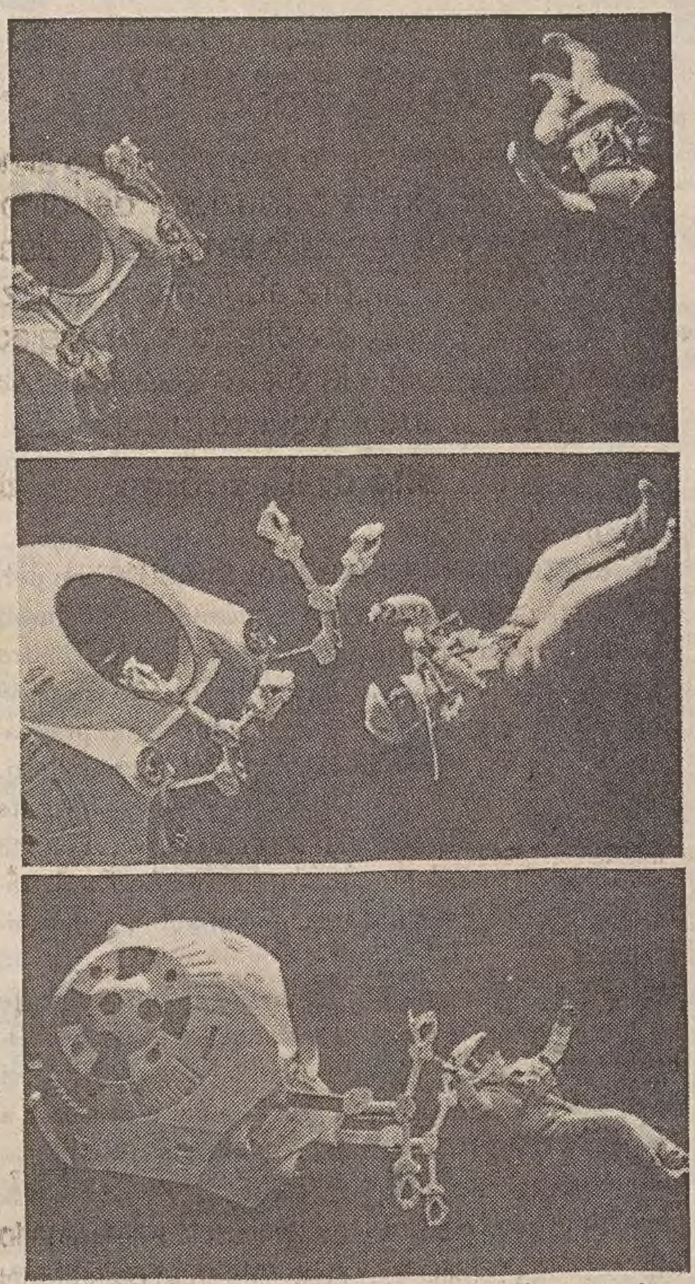
di *Serena Mizzan*, Civici Musei di Storia ed Arte, Trieste

«Gli uomini primitivi erano piccoli di statura, scuri di pelle e pelosi...». Con queste parole inizia il capitolo dedicato alla preistoria di uno dei tanti sussidiari per la scuola elementare che sono in circolazione in Italia. Insomma, poche informazioni, somministrate con il valore di certezze assolute (anche quando, trattandosi di ipotesi, il condizionale sarebbe d'obbligo), che hanno il potere di evocare subito un'immagine molto tetra, ma dai contorni ben definiti: nella preistoria gli uomini erano brutti, infelici e conducevano una vita estremamente difficile, triste e faticosa, nella quale non c'era spazio per nulla di gratificante.
Nel Paleolitico, il periodo più antico della storia dell'uomo, l'uomo doveva procurarsi il cibo cacciando gli animali selvatici, raccogliendo vegetali e pescando. Ma gli studiosi di preistoria ci dicono che tutto ciò richiedeva un limitato dispendio di energia, lasciando all'uomo primitivo (che non è affatto certo fosse stato, durante tutto il Paleolitico, piccolo, nero e peloso come un *babau*) del tempo libero in cui fare quello che più gli piaceva. Il problema è che noi non siamo in grado di sapere che cosa facesse e che cosa potesse essere per lui gradevole; forse erano tutte cose che ai nostri occhi risulterebbero poco interessanti, ma questo non significa che non lo fossero per lui.
Nella preistoria c'erano i bambini, probabilmente giocavano nella grotta intorno al fuoco e si divertivano; se negassimo questo o lo lasciassimo troppo sottinteso rischieremmo di affermare implicitamente che progresso e felicità siano andati di pari passo e che la vita senza tv, telefono e *video game* non poteva che essere triste e vuota.
Eppure tutte le volte che mi è capitato di parlare con dei bambini di preistoria (e non solo con loro) il quadro che mi veniva fatto era sempre lo stesso. Una caverna triste e buia, uomini e donne con lo sguardo truce che lavorano incessantemente per procurarsi il cibo di cui hanno bisogno, e nient'altro: la vita era tutta lì. Quasi la distanza temporale avesse offuscato il fatto che anche loro, gli uomini primitivi, potevano aver avuto dei sentimenti propriamente umani.
Certamente l'uomo dell'Età della pietra non viveva in una specie di paradiso terrestre, doveva affrontare continuamente rischi e difficoltà che spesso gli costavano la vita. Ma non possiamo escludere che fosse felice e nulla garantisce che la sua vita, anche se breve, fosse necessariamente così bestiale come alcune immagini tratte dai sussidiari della scuola elementare — ma anche da tanti altri libri di testo e no — ce la fanno apparire.
Non si tratta ora di sostituire integralmente all'immagine brutta (e bruta) una idilliaca, ma sarebbe bello veder sparire da tanti libri questi bestioni rozzi e neri, che sono i nostri lontani progenitori. E se l'uomo di Neanderthal avesse avuto gli occhi azzurri e i capelli biondi?

# Un fotogramma qui, uno là

## *L'esperienza del video-disco in un incontro su cinema e ricerca che si terrà a Trieste a fine ottobre*

di *Giulio Lughi*, Dipartimento di italianistica e discipline dello spettacolo, Università di Trieste



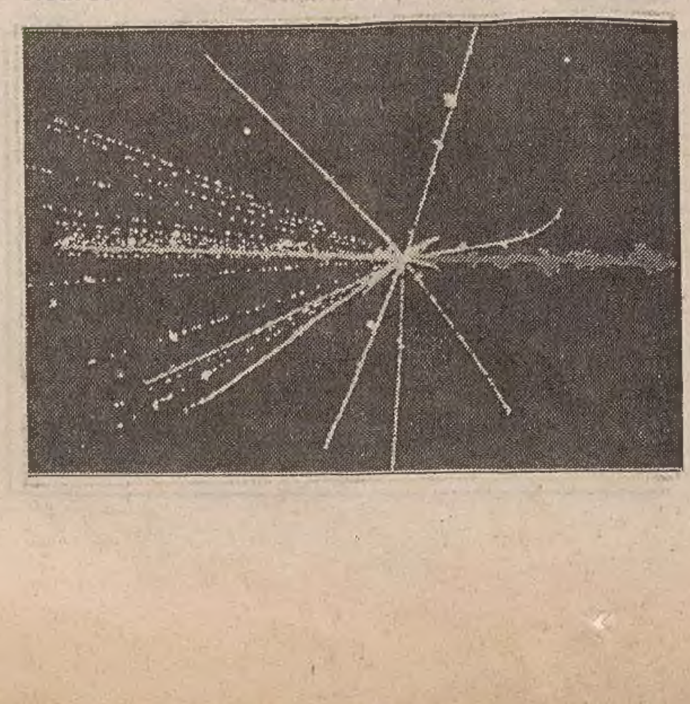
Una sequenza da «2001. Odissea nello spazio», il film che verrà analizzato nel corso di Datafilm.

Tra i tanti settori in cui lo sviluppo tecnologico delle memorie ottiche ha aperto notevoli possibilità di applicazione, come ad esempio quello bibliografico, giuridico e così via, va registrato anche quello cinematografico.
La memoria ottica, infatti, consente di affrontare (se non ancora di superare) il problema dell'ingente quantità di memoria necessaria per immagazzinare le immagini in movimento; e uno dei primi risultati è la disponibilità, da qualche anno, di un catalogo di oltre un centinaio di film su videodisco.
Il videodisco, o *laser disc*, è uno dei diversi tipi di memorie ottiche presenti sul mercato: ha l'aspetto e le dimensioni di un normale 33 giri ed è costituito da un supporto plastico a strati, sul quale viene codificata l'informazione mediante un raggio laser che ne modifica le proprietà ottiche. Ogni lato del disco contiene 54.000 immagini fisse (i fotogrammi, o *frames*, tutti individuati e numerati), che corrispondono a circa 30 minuti di immagini in movimento.
Per sondare le possibilità di impiego del videodisco interattivo in campo cinematografico è in fase di avanzata elaborazione a Trieste un progetto di ricerca, denominato Datafilm, nato in collaborazione tra la Cappella Underground, la cattedra di Storia del cinema dell'Università di Trieste e la società Software Studio, con il supporto tecnico della Pioneer Electronic Italia; la ricerca si svolge in contatto con altre realtà che operano in Italia, oltre che con uno dei più prestigiosi centri di ricerca in questo settore, il Film and Television Archive dell'Università di California.
Quali sono le possibilità offerte dall'avere a disposizione un film su memoria ottica? Innanzitutto il fatto che la memoria ottica è una memoria ad «accesso casuale», che consente cioè di accedere senza tempi di attesa a qualsiasi fotogramma del film (il dispositivo di lettura è costituito infatti da una una testina che si posiziona in una frazione di secondo nel punto desiderato: non c'è bisogno di «percorrere» una traccia come su pellicola o su nastro). In secondo luogo il videolettore può essere controllato da un computer; ciò significa che è possibile costruire comodamente delle basi di dati, cioè degli archivi, riguardanti uno o più film. A questi archivi il computer può accedere in tempo reale, portando sullo schermo — a piacimento del lettore/spettatore — i singoli elementi (fotogrammi, scene, sequenze) che interessano, combinandoli nel modo desiderato.
Grazie a queste due caratteristiche, il videolettore può muoversi senza interruzioni da un punto all'altro del film: ad esempio può individuare determinate sequenze, o mostrare di seguito tutte e sole le scene in cui compare un determinato attore, o un determinato oggetto; seguire i movimenti di macchina, isolare le varie inquadrature, scegliere e classificare i più svariati elementi tematici, o stilistici, o tecnici, eccetera.
L'utente diventa così una specie di *lector/spectator in fabula*, in grado di muoversi dentro il film seguendo dei percorsi ipertestuali che lo attraversano in tutte le direzioni e secondo i più diversi criteri di organizzazione.
Come si vede, le possibilità offerte dal mezzo sono estremamente suggestive. E' possibile innanzitutto organizzare dei sistemi di archivi: ordinati per film, per regista, oppure più generali. Ma molto stimolanti sono indubbiamente anche gli impieghi nel campo dell'analisi semiotica, che dispone così di uno strumento di indagine estremamente raffinato per individuare unità e relazioni.
Inoltre si apre il vastissimo settore delle applicazioni didattiche, che in diversi settori disciplinari mostra già da tempo interessanti applicazioni.
Il progetto, come si diceva, è in fase di elaborazione; tuttavia sarà possibile assistere a una dimostrazione dei metodi adottati, e dello stato dei lavori in corso, durante gli «Incontri di Scienza e Fantascienza. Rassegna di cinema e ricerca» che si svolgeranno a Trieste dal 20 al 22 ottobre.

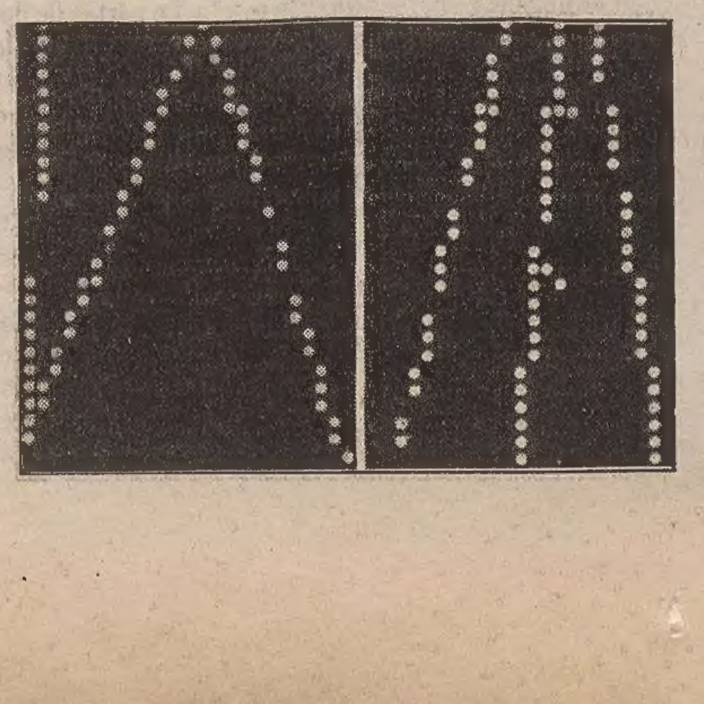
## Nuovi occhiali per la scienza • *rubrica a cura di* Ettore Panizon

nessuno strumento di ingrandimento potrebbe arrivare a tanto — ma di riconoscerle a partire dagli effetti da loro prodotti su altre particelle. In generale queste seconde particelle «segnale» sono elettroni colpiti dalla particella che interessa studiare: questi elettroni, deviando dai loro orbitali, trasformano la carica elettrica dei loro atomi, i quali — come si dice — si ionizzano. E' la ionizzazione di questi atomi che scatena dei processi visibili o comunque rivelabili.
Le tecniche che sono state impiegate sono le più diverse per supporto utilizzato e per sistema di rivelazione, ma tutte sfruttano il principio che abbiamo appena descritto. A seconda del tipo di fenomeni che interessa rivelare si possono usare:
— lastre fotografiche (tecnica delle ***lastre nucleari***);
— ampolle riempite di speciali gas che ionizzandosi realizzano una riga di luce lungo la traccia della particella (***camera a ionizzazione***);
— serie di lastre metalliche parallele a diverso potenziale elettrico che, attraversate da una particella, fanno scintillare il gas che le separa (***camera a scintillazione***);
— l' ***odoscopio***, che può utilizzare i due strumenti appena nominati, come avviene ad esempio nell'apparecchio funzionante all'Immaginario Scientifico: due piani di scintillatori segnalano la presenza della particella, e una «catasta» di tubi funzionanti come camere a ionizzazione permettono di visualizzare il percorso;
— la ***camera a nebbia***, in cui la ionizzazione di un vapore, un po' come accade in aria al passaggio di un

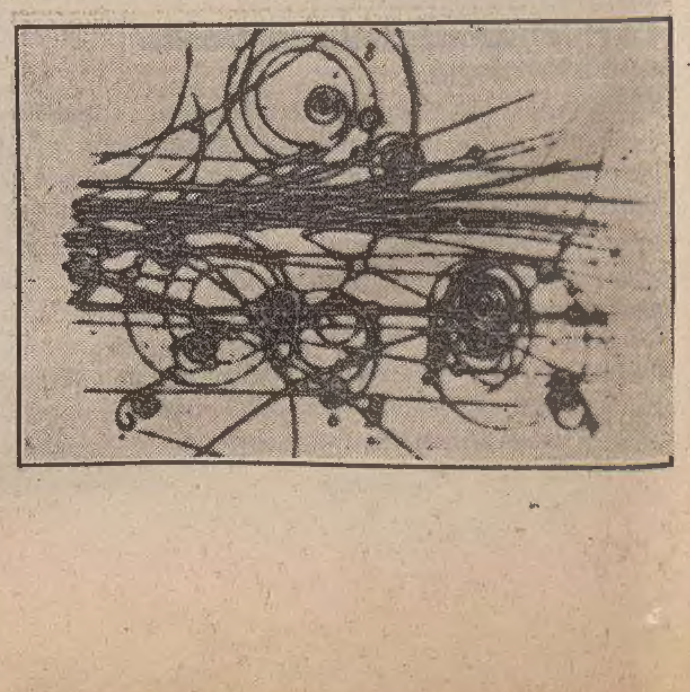
*Tracce di raggi cosmici rivelati da una lastra nucleare.*



*Raggi cosmici all'odoscopio dell'Immaginario Scientifico.*



*Tracce di particelle fotografate nella camera a bolle.*



# Poveri, vecchi dinosauri!

## *Ipotesi e recenti scoperte sull'enigma della scomparsa, 65 milioni di anni fa*

Brontosauri lunghi 40 metri e pesanti 30 tonnellate, che si nutrivano essenzialmente di erba e fogliame. Triceratopi dai corni aguzzi e ricurvi. Stegosauri con la cresta di piastre cornee che correva lungo la schiena e la coda. E poi il Tyrannosaurus Rex, il più grande carnivoro che abbia mai calpestato la Terra, l'enorme testa torreggiante sopra gli alberi. In una parola: dinosauri. Ovvero «lucertole terribili», secondo la definizione proposta giusto centocinquant'anni fa da Richard Owen, giovane biologo e anatomista britannico, e fatta subito propria dai membri della British Association of Science, riuniti a Plymouth nella loro assemblea annuale.

Mostri che si aggirano nei labirinti tortuosi dell'immaginazione umana, esseri ancestrali che hanno partorito i draghi delle leggende medievali. Ma nel Mesozoico, assieme a loro, c'erano anche tanti altri dinosauri più piccoli, voraci di carne e velocissimi, che colonizzarono le nicchie ecologiche più diverse dei continenti che allora andavano appena separandosi dalla massa unica di terre emerse. Creature che dominarono il Pianeta per oltre 160 milioni di anni. Poi, quasi improvvisamente, nell'arco di poche centinaia d'anni, sparirono tutte. Sessantacinque milioni d'anni or sono.

Quale fu la causa di questa estinzione pressoché improvvisa? Chi fu il killer che fece fuori assieme a loro buona parte delle specie animali e vegetali della Terra (ma non le tartarughe, né i coccodrilli)? E' un enigma interdisciplinare che ha avvinto geologi e paleontologi, astrofisici e biologi, fisici e chimici.

Ci sono ipotesi naturali. I dinosauri vennero cancellati dalla competizione evolutiva a vantaggio dei mammiferi, geneticamente più flessibili e adattabili; oppure furono progressivamente avvelenati dalla stricnina (o dall'arsenico) che si trovava nelle piante di cui si nutrivano; oppure erano diventati anacronistici giganti, troppo ingombranti per riprodursi in numero sufficiente a mantenere la specie; o, ancora, le loro uova erano diventate preda di altri animali.

Poi ci sono le ipotesi catastrofali. L'impatto sulla Terra d'un asteroide avrebbe sollevato nell'atmosfera una quantità di polvere tale da oscurare il Sole, da abbassare drasticamente la temperatura e da perturbare i processi fotosintetici che producono ossigeno. Ma analoghi mutamenti climatici — hanno osservato molti scienziati — potrebbero venire indotti da immani eruzioni vulcaniche.

Gli studiosi delle due scuole si sono confrontati a Gubbio, nel settembre di due anni fa, senza vincitori né vinti. Da una parte i «detonatori di Dartmouth», i sostenitori dell'ipotesi vulcanica, raggruppati attorno ai geologi Charles Officer e Charles Drake, appunto del Dartmouth College di Hanover, New Hampshire. Dall'altra i «bombardieri di Berkeley», i supporter dell'asteroide-killer, guidati da quel Walter Alvarez (figlio del più celebre Louis, premio Nobel per la fisica) che proprio a Gubbio, alla fine degli anni Settanta, aveva fatto una scoperta che all'epoca sollevò scalpore.

Esaminando con Frank Asaro e Helen Michel (anche loro dell'Università di California a Berkeley) le rocce sedimentarie che formavano gli Appennini emergendo dal mare, Alvarez aveva identificato uno straterello di argilla scura inserito tra i sedimenti del Cretaceo e del Terziario, localizzabile esattamente a 65 milioni d'anni or sono. E studiando i fossili dei foraminiferi, i microrganismi marini rimasti intrappolati negli strati geologici dopo la loro morte, venne osservata una cosa strana: negli strati più antichi, sottostanti la zona scura, vi sono fossili di foraminiferi di ogni dimensione; in quelli soprastanti, più recenti, i foraminiferi scompaiono del tutto. Era la prova di una vasta estinzione biologica che ha interessato — oltre ai dinosauri — anche gli organismi viventi più minuscoli?

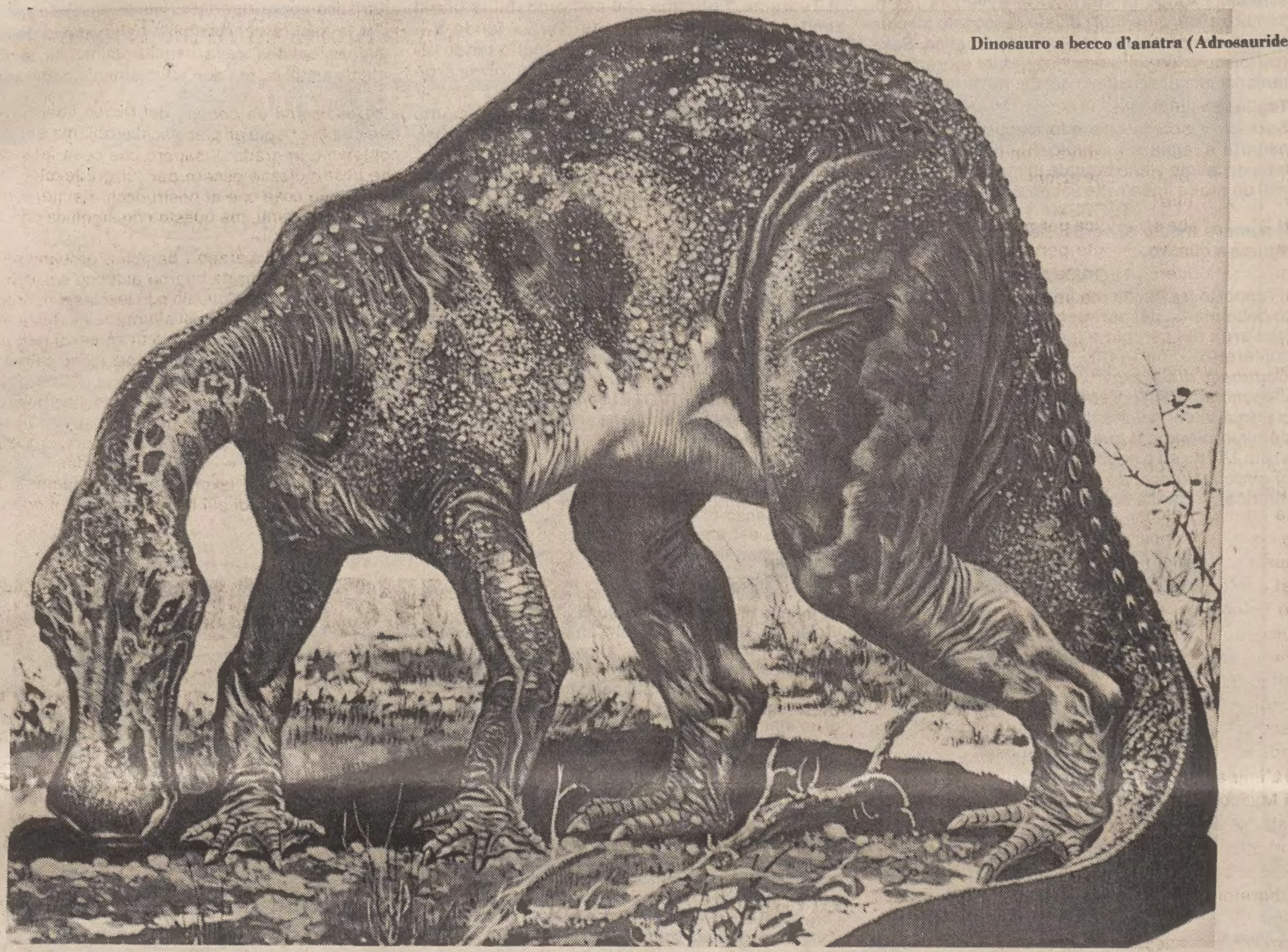
Analizzando la composizione di quello straterello scuro apparve un'altra anomalia: l'abbondante presenza di iridio, un elemento ormai rarissimo sulla crosta terrestre, sprofondato verso il centro del Pianeta quando la Terra era ancora allo stato fluido. Ma di iridio sono invece ricchi i meteoriti. Ergo: lo st raterello di Gubbio è di origine extraterrestre, sta lì a dimostrare come la Terra — 65 milioni di anni fa — abbia subito un impatto planetario per opera d'un asteroide ramingo nello spazio, una palla di roccia di almeno dieci chilometri di diametro.

Lo scorso maggio arrivava quella che pareva una notizia-bomba. Charles Duller, ricercatore della Nasa, annunciava di aver forse trovato il cratere scavato dall'asteroide che uccise i dinosauri: si trova nel Golfo del Messico, sul bordo settentrionale dello Yucatan, coperto per metà dall'Atlantico. Nel corso di un'analisi di immagini spaziali per studiare le risorse idriche dei Maya, è stato infatti identificato un semicerchio di piccoli avvallamenti, parzialmente riempiti d'acqua. Fatti i debiti conti, il cratere ha un diametro di oltre 200 chilometri. E l'età si avvicinerebbe al fatidico limite dei 65 milioni di anni.

La scoperta ha suscitato vaste polemiche, di cui in Italia si è fatto interprete Forese Carlo Wezel, direttore dell'Istituto di geologia di Urbino: «L'asteroide è un'ipotesi e nulla più. Io, ad esempio, sono convinto che lo strato rinvenuto nella gola del Bottaccione, presso Gubbio, è di origine vulcanica; le eruzioni, infatti, fanno emergere dal profondo materiali ricchi di iridio. Ma l'estinzione dei dinosauri, presumibilmente, fu provocata piuttosto da fenomeni legati alle profonde modificazioni geologiche e climatiche che in quel periodo imperversavano sulla Terra. Il catastrofismo può essere affascinante ma è troppo semplicistico: la natura procede per vie più complesse, graduali e contraddittorie».

Anche gli astrofisici hanno voluto dire la loro. Molti hanno ipotizzato che i dinosauri siano rimasti vittime della pioggia radioattiva conseguente all'esplosione d'una stella supernova. Rampino e Stothers, del Goddard Space Institute della Nasa, hanno invece addirittura immaginato l'esistenza di una stella di piccola massa — battezzata Nemesis — che ruoterebbe attorno al Sole a una distanza immensa: da un massimo di 150 mila Unità astronomiche (ovvero 150 mila volte la distanza Terra-Sole) fino a un minimo di 26 mila. Al perielio, la compagna del Sole finirebbe ben dentro quella «nube di Oort» che costituisce il «deposito» di comete che ruota attorno al nostro sistema solare. Il passaggio ravvicinato di Nemesis innescherebbe una sorta di sconquasso gravitazionale, perturbando le orbite di molte comete e facendone schizzare una parte in direzione del Sole e della Terra.

Se l'ipotesi corrisponde al vero, ogni 26 milioni di anni, a ogni passaggio di Nemesis nella «nube di Ort», il nostro pianeta verrebbe sottoposto a un micidiale bombardamento cometario: e ogni volta la pioggia di comete provocherebbe la scomparsa di una larga parte degli organismi viventi. E se la prossima volta toccasse a noi uomini?



Dinosauro a becco d'anatra (Adrosauride).

## Chi ha ucciso i dinosauri?

Anche in questo numero proponiamo ai nostri lettori un enigma scientifico: stavolta il "giallo" è quello dell'estinzione dei dinosauri e di tante altre specie — animali e vegetali — scomparse in tempi geologicamente molto brevi, 65 milioni d'anni or sono. Nell'articolo qui sopra abbiamo sintetizzato tempi e modalità di un enigma che è insieme biologico, astrofisico e geologico. Nella scheda vi preghiamo di esprimere le vostre opinioni e le vostre idee sulla scomparsa dei dinosauri (anche se, ahimé, il colpevole rimarrà in ogni caso impunito).

**Il responsabile della scomparsa dei dinosauri, secondo me, è:**

- un asteroide
- una cometa (o pioggia di comete)
- eruzioni vulcaniche
- mutazioni genetiche
- modificazioni climatiche
- piogge radioattive
- altre cause

**Commento:** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**Nome:** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**Cognome:** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**Indirizzo:** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Inviate la scheda alla redazione dell'"Immaginario Scientifico Notizie", via S. Francesco 62, 34133 Trieste. Nel prossimo numero saranno commentate le risposte più interessanti a questo "giallo" e al precedente, quello della scomparsa dei neutrini.

L'angolo matematico

## *Probabilità e... probabilità*

di *Andrea Sgarro*,
Dipartimento di matematica e informatica, Università di Udine

**Tizio:** Sono molto preoccupato per la nuova centrale a energia eolica che stanno costruendo. Dopo la catastrofe di...

**Caio:** Ma valà! Gli esperti hanno stabilito che la probabilità che il vento strappi le pale del maxi-mulino è di un miliardesimo appena. Grazie alle più sofisticate tecnologie, la sicurezza degli...

**Tizio:** Di un miliardesimo: e che cosa significa?

**Caio:** Significa che se tu avessi un miliardo di mulini uguali a questo, ne andrebbe all'aria uno appena. In media, s'intende.

**Tizio:** Come, in media?

**Caio:** Semplice! Cosa vuol dire che la probabilità che esca il tre se lancio un dado è di un sesto? Non certo che se lancio il dado sei volte il tre esce esattamente una volta. Però se lo lancio seicento volte, stà sicuro che esce circa cento volte: la probabilità è di cento diviso seicento, numero delle prove favorevoli diviso il numero delle prove effettuate, che è un sesto, com'è ovvio.

**Tizio:** Vuoi dire che su cento miliardi di mulini posso star certo che l'evento favorevole, che qui sarebbe lo sconquasso del mulino e dell'ambiente circostante, si verificherà cento volte?

**Caio:** *Circa* cento volte. Già, è proprio così.

**Tizio:** Ma dove li trovi i cento miliardi di mulini a vento per fare cento miliardi di prove? Tu mi propini di contare cose che non esistono!

**Sempronio:** Scusate l'intromissione, ma Tizio ha ragione: la concezione *frequentista* della probabilità, a cui Caio presta tanta fiducia, è del tutto fuori luogo. E' della concezione *soggettivista* che avete bisogno!

**Caio:** Soggettivista? Per carità, qui si parla di cose scientifiche, oggettive, che c'entra la soggettività?

**Sempronio:** Ho detto soggettivo, mica arbitrario! Ora vi spiego: la probabilità che si verifichi un evento e il *grado di fiducia* che si ha, in base alla propria esperienza, nel verificarsi di quell'evento. Tutto qui.

**Tizio:** Grado di fiducia: e come si misura, un grado di fiducia?

**Caio:** Grado di fiducia: cos'è, [sprezzante] psicologia?

**Tizio:** Dio guardi! Il grado di fiducia si può misurare benissimo. Sapete con cosa? coi soldi! [Stupore dei circostanti] Così soldi dell'esperto che, soggettivamente ma coerentemente, ha valutato che la probabilità di una catastrofe è di un miliardesimo.

**Tizio:** Insinua che sia stato pagato?

**Sempronio:** Neanche per sogno! Nella concezione soggettivista, dire che la probabilità che esca il tre è di un sesto vuol dire che per me è indifferente incassare una certa somma di denaro sicura, mille lire, diciamo, oppure assoggettarmi a una scommessa: se esce il tre becco seimila lire, se no resto a bocca asciutta. Sei contro uno, come dicono all'ippodromo.

**Caio:** Dalla psicologia ai giochi d'azzardo!

**Tizio:** Un momento, prego: se ho ben capito, dicendo che la probabilità di una catastrofe è di un miliardesimo, il catastrofologo intende dire che per lui è lo stesso pigliarsi mille lire sicure, senza scommettere, oppure beccarsi mille miliardi se il mulino va all'aria? Ma mille lire non sono niente, e invece se il mulino va all'aria muoriamo tutti sotto i detriti delle sue gigantesche pale!

**Caio:** Ha visto dove mena la psicologia! Alla cialtroneria!

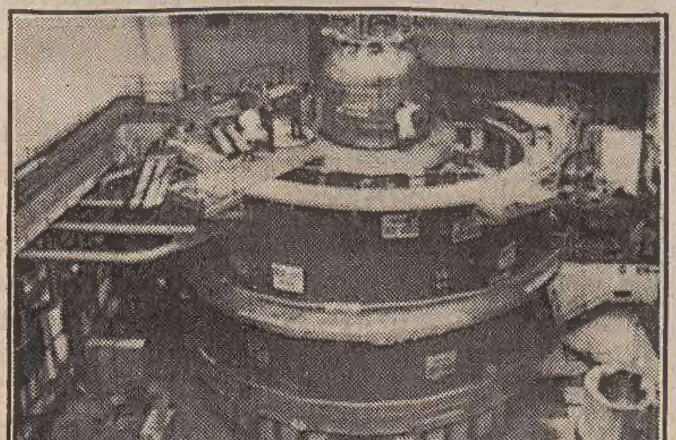
**Sempronio:** Cialtroni noi soggettivisti! e lei che voleva costruire cento miliardi di mulini solo per vedere se saltano in aria?!

**Tizio:** Calma, calma. Ma insomma, a quale concezione della probabilità si rifà il nostro catastrofologo? A quella soggettivista? a quella frequentista?

**Sempronio:** Mica lo dice. E poi ci sono tante altre concezioni della probabilità, c'è quella che lega la nozione di probabilità alla nozione di *complessità*, ci sono le probabilità *non additive*, le probabilità *qualitative*... hai voglia!

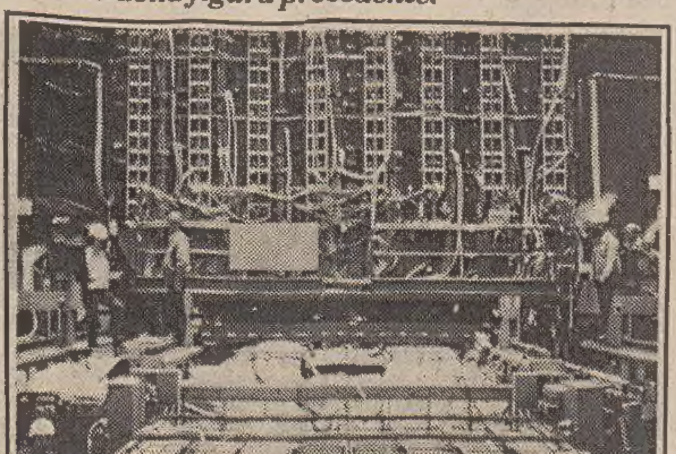
**Tizio:** Ho capito. La misura è accuratissima: l'unico inconveniente è che non vogliono dirmi cosa stiano misurando.

*BEBC, la più grande camera a bolle del CERN di Ginevra.*



*Ricostruzione al calcolatore di un evento rivelato con camera a fili.*

*Apparato dell'esperimento in cui si è prodotto l'evento della figura precedente.*



aereo a reazione, produce della condensa attorno al tragitto delle particelle; la camera di solito è attraversata da un campo magnetico che incurva più o meno il tragitto della particella, a seconda di quanta energia questa possiede: dalla forma del percorso della particella si ricavano quindi informazioni sulla sua energia;

— la *camera a bolle*, che funziona in modo analogo alla precedente, salvo che in questo caso non si va dallo stato gassoso allo stato liquido, ma viceversa: la ionizzazione di un gas allo stato liquido ne scatena l'ebollizione sotto forma di una sottile scia di bollicine lungo la traiettoria;

— la *camera a fili*, costituita da una serie di maglie parallele di fili metallici; i fili più vicini al passaggio della particella vengono interessati da una debole corrente dovuta alla ionizzazione del gas nel quale sono immersi, specificando così le coordinate della traiettoria; il computer a cui è collegato questo tipo di rivelatore può così registrare e visualizzare la forma del percorso: dal ritardo dei segnali tra due successivi piani di fili si può determinare anche la velocità della particella;

— il *calorimetro*, in cui una serie di camere a fili si alternano a barriere di metalli pesanti e a contatori a scintillazione; tale rivelatore, oltre a misurare l'energia delle particelle, fornisce informazioni sulla loro natura, perché dalle forme e dalla localizzazione dello sciame di particelle secondarie si può sapere se le particelle incidenti sono fotoni, elettroni, muoni, neutrini o adroni.

# Un giorno, Sakarov in cucina...

## Cinque teoremi inediti illustrati da un grande matematico russo

di *Vladimir I. Arnold*, Laboratorio interdisciplinare della Scuola superiore di studi avanzati, Trieste

*Vladimir Igorevich Arnold è, insieme a René Thom, il fondatore della cosiddetta* teoria delle catastrofi . *La teoria è diventata famosa presso il pubblico soprattutto per il nome. Non c'è dubbio che nei nostri tempi così frequentati da catastrofi — da quelle nucleari a quelle ecologiche — il sapere che di queste si può fare una teoria matematica accende la fantasia della gente, ma è anche vero che è una teoria che trova applicazione in mille campi: dal battito cardiaco all'evoluzione degli uragani, coprendo campi che spaziano dalla cosmologia alla biologia, alla linguistica. In realtà questo nome è stato maliziosamente inventato da un altro matematico, Zeeman, mentre quello più austero di* teoria delle singolarità *è dovuto fin dal secolo scorso al grande matematico Henri Poincaré. Proprio di singolarità si è parlato di nuovo, e a lungo, in questi giorni a Miramare, dove è intervenuto Arnold, uno dei massimi matematici viventi.*

*Arnold e sua moglie, che sono moscoviti, hanno vissuto a Trieste l'appassionante periodo del golpe mancato. Uomo di vastissimi interessi culturali, che vanno ben al di là di quello della matematica, Arnold ha recentemente accettato di visitare periodicamente per il prossimo quinquennio il* Laboratorio interdisciplinare *della Sissa. Non sappiamo bene se lo abbiano attirato di più le bellezze naturali di Miramare o l'atmosfera scientifica del luogo; certo è che sia a lui che a sua moglie è sembrato che il mare fosse più azzurro e il parco più verde dopo il fallimento del golpe, tanto da decidere di tornare.*

*Lo abbiamo sollecitato a scrivere un articolo per "L'Immaginario Scientifico Notizie". Non solo troviamo molto bello questo articolo, ma riteniamo che abbia un valore storico documentario, anche se non sarà di facile lettura per molti dei lettori. Nonostante ciò abbiamo deciso di pubblicarlo anche perché quelli che potranno capirlo ne trarranno sufficiente godimento da compensare il dispiacere di quelli che non potranno. A questi chiediamo scusa, sperando che li consoli di poter avvicinare il modo di ragionare di un grande matematico e di apprendere che l'ispirazione di eleganti teoremi possa venire a uno scienziato come Sakarov anche in cucina, mentre aiuta la moglie a tagliare i... capuzzi per fare il* borsch , *la minestra nazionale russa (un po' parente della nostra jota).*

A. D. Sakarov, il padre della bomba H sovietica e inventore dell'idea di perestroika, ha scritto nell'esilio di Gorki un resoconto dei propri lavori scientifici. Dopo la sua morte, avvenuta nel dicembre 1989, gli editori di tale resoconto mi chiesero di commentarne la parte matematica. Sakarov formulò in effetti una dozzina di teoremi matematici, di cui discuterò qui alcuni.

**Tagliando un cavolo**

Sakarov racconta che sua moglie gli chiese di aiutarla a tagliare il cavolo in piccoli pezzi. Una fetta di cavolo viene tagliata in molti pezzi poligonali da molte linee rette scelte a caso (figura 1).

TEOREMA 1

Il numero medio di vertici dei pezzi di cavolo è uguale a quattro.

TEOREMA 2

Il rapporto tra l'area media dei pezzi e il quadrato della media dei perimetri è uguale al rapporto fra l'area del cerchio e il quadrato della sua circonferenza, cioè $1/(4\pi)$.

*Commenti di Sakarov*

L'enunciato del Teorema 2 può sembrare strano a prima vista, poiché il rapporto tra l'area di un dominio piano e il quadrato del suo perimetro è al più $1/(4\pi)$, ed è uguale a $1/(4\pi)$ solo per i contorni circolari (secondo la disuguaglianza isoperimetrica). In realtà non c'è contraddizione. Infatti, l'area media e il perimetro medio non sono area e perimetro di uno stesso pezzo.

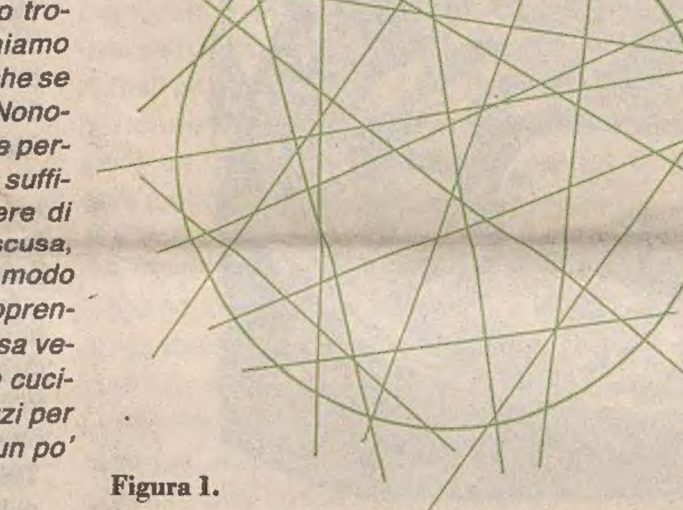


**Figura 1.**

*Commenti*

Il Teorema 1 afferma che con probabilità uno il limite del numero medio dei vertici tende a 4 quando il numero delle linee di taglio tende all'infinito. Questo è vero per i cavoli di *forma arbitraria* .

Il Teorema 2 è ugualmente vero asintoticamente e con probabilità uno. Ma questo teorema è vero solo per cavoli sferici. La dimostrazione (che lascio al lettore) si basa su argomenti di "geometria integrale" o "tomografia matematica".

**Numeri primi**

Consideriamo due sequenze

$1!+1=2,\quad 2!+1=3,\quad 3!+1=7,\quad 4!+1=25,...$
$(1^2)!+1=2,\quad (2^2)!+1=25,\quad (3^2)+1=362881,...$

TEOREMA 3

La sequenza $n!+1$ contiene una quantità infinita di numeri primi.

TEOREMA 4

La sequenza $n^2!+1$ contiene solo una quantità finita di numeri primi.

*Commenti*

Per quanto ne so, direi che entrambi i teoremi vanno oltre i limiti della matematica attuale. Comunque, io penso di avere intuito le ragioni "fisiche", che sono estremamente convincenti (mentre i matematici non le accetterebbero come dimostrazioni).

Sia $p_i$ la probabilità dell'evento *i*-esimo in una catena infinita di eventi indipendenti.

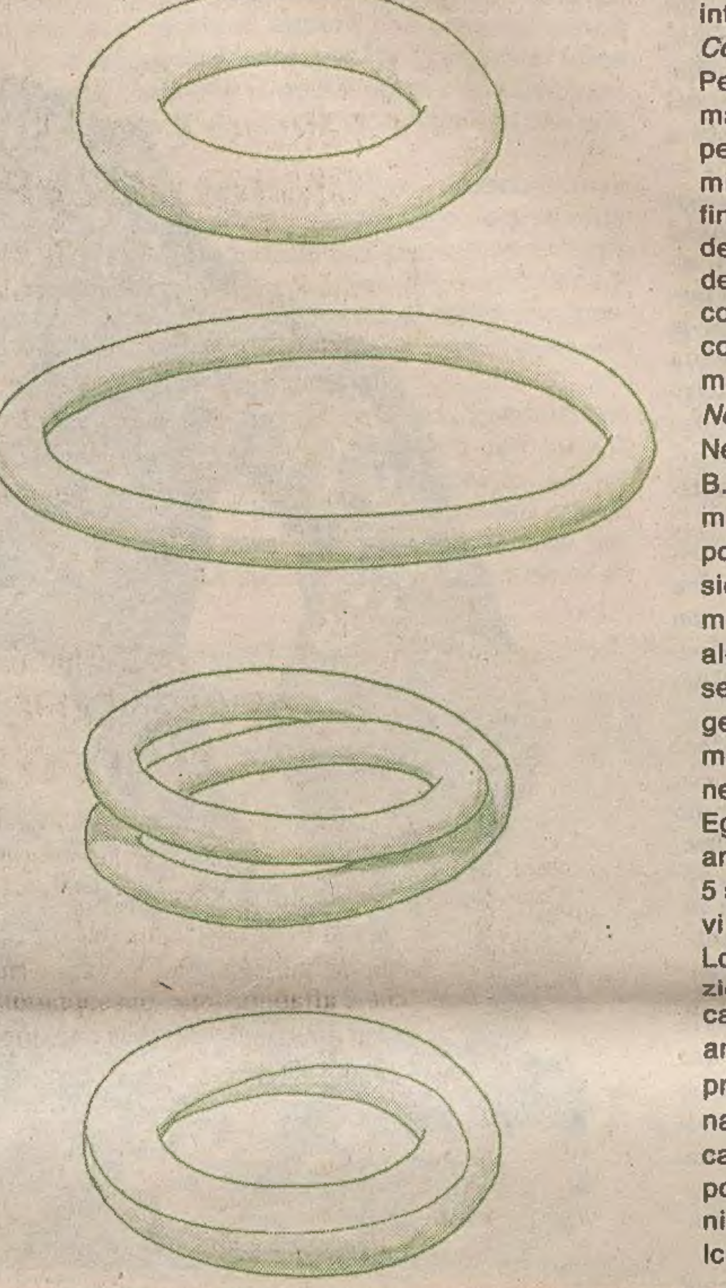
Il classico lemma di Borel-Cantelli dice che se la serie $p_1+p_2+...$ diverge, allora la probabilità che abbia luogo un numero infinito di questi eventi è uguale a uno, mentre nel caso in cui la serie converga, la probabilità di una occorrenza simultanea di un'infinità di eventi è zero.

Se consideriamo gli eventi "$n!+1$ è primo", è naturale prendere come probabilità la densità di numeri primi nell'intorno del punto $N=n!+1$. La media delle distanze fra primi consecutivi in questa regione è asintoticamente ln N (Teorema di Chebyshev-Hadamard). Quindi è naturale porre $p_n = 1/\ln(n!+1)$.

La serie $p_1+p_2+...$ diverge e concludiamo dunque che una certa sequenza infinita di eventi "$n!+1$ è primo" ha luogo. Per $p_n = 1/\ln((n!)^2+1)$, la serie converge, e quindi "$(n!)^2+1$ è primo" accade solo un numero finito di volte.

Naturalmente i nostri "eventi" non sono né casuali né indipendenti, ma questo rappresenta una difficoltà secondaria. Il punto debole del ragionamento euristico sopra riportato risiede piuttosto nel fatto che la misura di probabilità nello spazio delle sequenze definita dalla densità asintotica, è *finitamente* additiva, ma non infinitamente additiva (non sigma-additiva, come dicono i matematici).

**Figura 2.**



**Il problema della dinamo veloce**

Consideriamo una sfera nello spazio tridimensionale e in essa un campo vettoriale a divergenza nulla. L' *energia* di un campo è l'integrale del quadrato della lunghezza dei suoi vettori.

TEOREMA 5

Esiste un'applicazione liscia della sfera in sé stessa conservante il volume e un campo vettoriale a divergenza nulla tali che l'energia del campo cresce esponenzialmente quando iteriamo l'applicazione.

*Commenti di Sakarov*

Cominciamo con un toro solido immerso in una sfera. Lo stiriamo facendolo diventare più sottile e due volte più lungo (preservando il volume: l'area della sezione diventa due volte più piccola). Quindi lo avvolgiamo due volte e lo riportiamo alla forma iniziale (figura 2). Questo è possibile perché il volume è preservato. L'energia di un campo diretto lungo il toro solido cresce (di un fattore quattro) ad ogni interazione di questa applicazione.

*Commenti*

Penso che il teorema sia corretto. La dimostrazione matematica non sembra esistere. La difficoltà dipende dalla discontinuità del bordo. Potremmo eliminarla, ma non è chiaro se in questo modo non finiremmo per distruggere la crescita esponenziale dell'energia. La costruzione su riportata è un modello di un meccanismo di amplificazione di un piccolo campo magnetico mediante il moto di un fluido conduttore. Lo scopo è quello di spiegare il campo magnetico di stelle e di pianeti.

*Nota*

Nel 1973 fui invitato da uno dei più grandi fisici, Ja. B. Zeldovich, al suo seminario all'Istituto Keldysh di matematica applicata, per parlare sugli aspetti topologici del campo magnetico. Durante la discussione, Zeldovich descrisse la costruzione di stiramento che ho spiegato sopra. Egli non menzionò alcun contributo di Sakarov. Sakarov, che era presente, partecipò alla discussione formulando congetture topologiche molto stimolanti (ancora da dimostrare). Più tardi Zeldovich incluse la costruzione di stiramento nella collezione dei suoi lavori. Egli morì due anni prima di Sakarov. Erano stati amici, ed è impossibile ora decidere se il Teorema 5 sia dovuto all'uno o all'altro. Penso che entrambi vi abbiano contribuito.

Lo spirito del teorema è più simile alle altre invenzioni di Zeldovich che a quelle di Sakarov. In ogni caso, il problema della dinamo cinematica veloce è ancora aperto in stretto senso matematico. Questo problema è in qualche modo collegato alla moderna topologia tridimensionale e alle "anomalie" dei campi quantistici. Recenti progressi in questo campo sono dovuti a M. Freedman, il topologo californiano vincitore della *Field Medal* della Berkeley Icm, nel 1986.

# A spasso nel ciberspazio

## *Riflessioni in margine a un recente libro di Howard Rheingold, dedicato alla* Virtual Reality

Chi ha mai provato ad arrampicarsi su un albero, sa che ci sono almeno due modi per farlo: o si è inseguiti da un cane arrabbiato, e allora lo si scala d'istinto, senza bisogno di pensarci sopra; oppure, se si ha un po' di tempo, si possono studiare con agio gli appigli migliori, ossia *immaginare* (o oggettivare) se stessi nell'atto della scalata (e le relative conseguenze).

C'è chi sostiene che questa stessa propensione mentale all'oggettivazione sia l'impulso fondamentale dal quale scaturirono le prime opere d'arte dell'umanità: quelle splendide pitture o incisioni rupestri preistoriche che raffigurano scene di caccia e animali selvaggi, figure magiche e riti ancestrali; opere che testimoniano della scoperta dell'utilità della rappresentazione per comunicare esperienze che potevano essere estetiche, pratiche, magiche o esistenziali. Forse quei graffiti e quei dipinti venivano svelati solo nel corso di misteriosi riti di iniziazione, per trasmettere ai giovani della comunità conoscenze raccolte nel corso delle generazioni precedenti.

Riti iniziatici e misteri sono all'origine della più grande forma d'oggettivazione della condizione umana che sia mai stata creata dall'uomo: la tragedia greca, che ebbe origine dai misteri dionisiaci, e alla quale il grande Aristotele attribuiva la fondamentale caratteristica di essere opera di *mimesi* (imitazione), in grado di condurre lo spettatore all'immedesimazione più totale nella vicenda, cui doveva seguire, allo scioglimento del dramma, la catarsi (purificazione), presupposto irrinunciabile dell'apprezzamento estetico dell'opera.

I dipinti rupestri e la tragedia (così come il cinema, di cui Godard diceva che è *realtà a 24 fotogrammi al secondo)* hanno questo in comune con la nuova *Virtual Reality* resa possibile dalla moderna tecnologia dei computer: fanno tutti riferimento all'oggettivazione, e producono un'azione immaginaria in uno spazio allucinatorio cui si accede deliberatamente, o mediante l'estasi misterica, o grazie alla mimesi, o nel buio di una sala cinematografica, o dinanzi al terminale di un computer. Tutte queste azioni si svolgono in quello che gli appassionati di computer chiamano oggi *ciberspazio* : una dimensione immaginaria nella quale si svolgono azioni predisposte per favorire l'immedesimazione dello spettatore. Che vi sia catarsi o no, è un'altra questione.

La propensione a partecipare a un'avventura senza doverne subire le conseguenze più spiacevoli (magari standosene seduti nella propria poltrona) è una delle tendenze più diffuse nel no-

stro tempo: si potrebbero fare svariati esempi, dallo psicodramma ai *video-games* , dai serial televisivi come «Dallas» e «Beautiful» a quelle straordinarie gite organizzate nella storia che stanno prendendo piede in alcuni Paesi: assistere allo sbarco dei Romani dalle loro galere sulle scogliere della barbara Britannia, o trovarsi tra i viaggiatori in cammino per Canterbury assieme a Geoffrey Chaucer è oggi un'avventura accessibile a chiunque si trovi a Londra e telefoni per l'iscrizione a un fine settimana d'eccezione.

Ora i computer consentono di muoversi nello spazio tridimensionale esplorando il paesaggio all'interno di una macchina al flipper (esemplificazione di una condizione di stritolamento tra gli ingranaggi della meccanica protoindustriale di *Tempi moderni* di Charlie Chaplin) si vanno sostituendo i simulatori che consentono di combattere una guerra iperrealistica all'interno di un aereo o di un carro armato perfettamente identico all'originale, salvo che se si è colpiti si è sicuri di restare comunque incolumi.

La chiave di volta del problema della *Virtual Reality* si profila con chiarezza se ci si prova a tradurre in italiano queste due parole: il calco «realtà virtuale» è infatti estremamente insidioso, poiché nasconde una contraddizione in termini. Per gli anglosassoni, che amano considerare reali solo i dati di fatto, *virtual* è ciò che di fatto, se non di diritto, è tale. Per noi italiani invece «virtuale» è sinonimo di «potenziale», ed è dunque ciò che non è in atto, ma potrebbe essere reale.

Sappiamo, specie dopo aver visto un film di dubbio gusto ma efficace come *Videodrom* , che la televisione può diventare più reale della realtà: è dunque *virtual* per eccellenza. Se incontriamo per strada un attore che impersona il protagonista della nostra *soap-opera* preferita, istintivamente non lo consideriamo un attore, ma un personaggio.

Di qui all'uso della *Virtual Reality* per trasformare la nostra esistenza in un'avventura immaginaria nelle memorie di un mega-computer il passo è breve: vi sono già strumenti di interazione molto più raffinati di un terminale o di un *mouse* : guanti provvisti di sensori e stimolatori in grado di far «entrare» la nostra mano nello schermo; tute aderentissime come profilattici, intessute di fibre ottiche e recettori e trasmettitori di stimoli tattili; occhiali tridimensionali per entrare nel ciberspazio e vivere, da soli o in compagnia con altri avventurieri della *Virtual Reality* , le più straordinarie avventure di lotta, d'amore e di gloria. Sarà vera gloria? Ai posteri l'ardua sentenza.

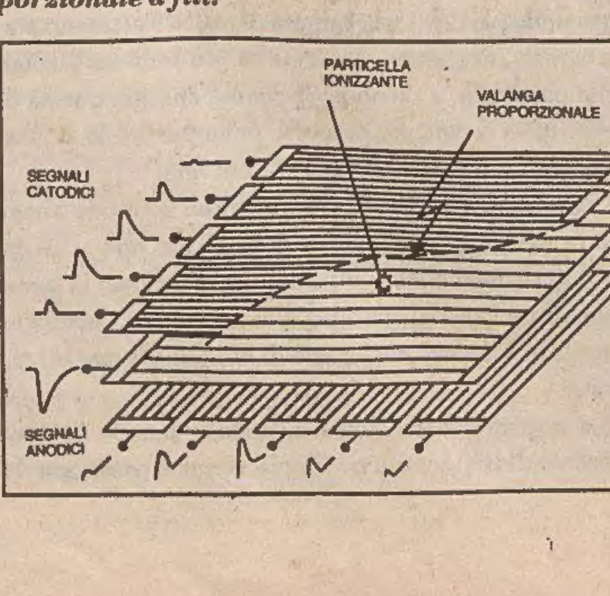
*I temi qui accennati sono trattati diffusamente in un recente libro di Howard Rheingold,* Virtual Reality *(Secker & Warburg, 1991). Il termine ciberspazio è stato coniato dall'autore di fantascienza William Gibson in* Neuromancer *(1984, tradotto in Italia da Edizioni Nord col titolo* Neuromante *).*

*Tra le pubblicazioni da segnalare, la rivista* Mondo 2000 *(si pubblica negli Usa) e* Decoder *delle edizioni Shake di Milano, che hanno pubblicato anche* Cyberpunk antologia , *«una sorta di manifesto del movimento» cyberpunk.*

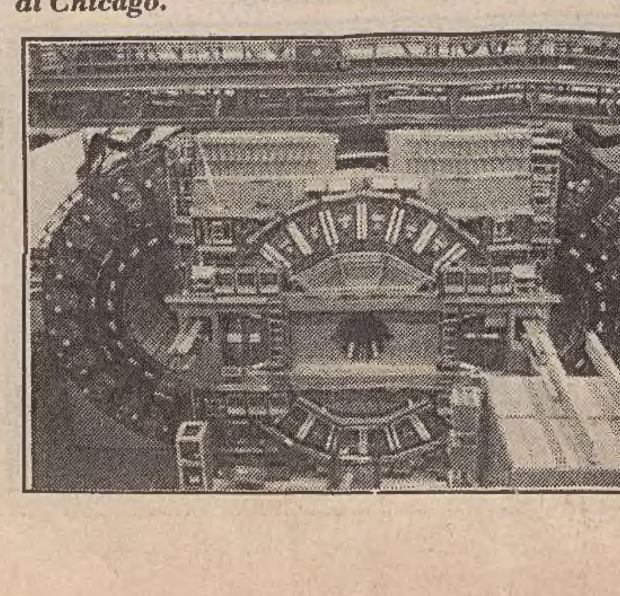
Piero Budinich

Per studiare le particelle — dicevamo — occorre farle interagire con altre particelle. Questa interazione però ne modifica sostanzialmente la vita, anzi le uccide. I mastodontici e ultrasofisticati strumenti di cui dispone la fisica nucleare e subnucleare servono proprio a far scaturire dall'atomo e dalle particelle le loro intrinseche parti e a cogliere la brevissima vita di cui queste godono fuori della loro sede naturale. Un'estrema conferma di quello che sospettiamo che il nostro sguardo compia anche nella vita quotidiana e macroscopica. Anche delle persone e delle cose vediamo in fondo solo gli effetti esterni, e sappiamo tutti che è difficile, per non dire impossibile, guardare senza che il nostro sguardo, in qualche modo, consumi chi viene guardato.

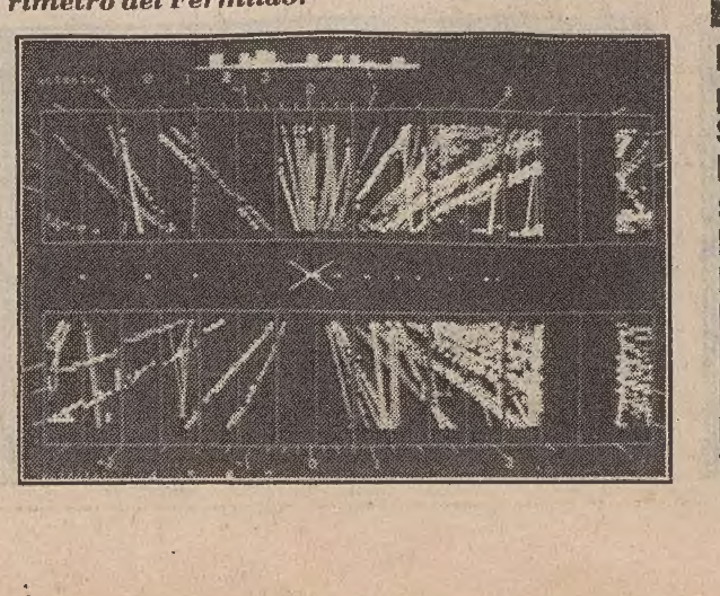
*Schema del funzionamento di una camera proporzionale a fili.*




*Calorimetro usato per esperimenti al Fermilab di Chicago.*



*Urto protone-antiprotone registrato con il calorimetro del Fermilab.*



L'IMMAGINARIO SCIENTIFICO NOTIZIE

**Editore:** Società Editoriale Libraria per azioni
**Stampato presso:** O. T. E. via G. Reni, 1
Pubblicazione registrata al Tribunale di Trieste, n° 773 del 24/1/90
**Direttore responsabile:** Margherita Hack
**In redazione:** Piero Budinich, Fabio Pagan
**Hanno collaborato a questo numero:** Ettore Panizon, Paola Rodari, Nicoletta Tamburini
**Redazione:** via San Francesco 62 — 34133 Trieste — tel. (040) 764276